# ЛЕКЦИЯ 1

Робототехника – область науки и техники, ориентированная на создание роботов и робото- технических систем, предназначенных для автоматизации сложных технологических процессов и операций, в том числе, выполняемых в недетерминированных условиях, для замены человека при выполнении тяжелых, утомительных и опасных работ.

Объектами профессиональной деятельности являются роботы и робототехнические систе- мы как промышленного, так и непромышленного назначения, а также необходимое программно- алгоритмическое обеспечение для управления такими системами, их проектирования и эксплуата- ции.

# Краткая история робототехники

Основной причиной, заставляющей человека развивать новые сферы науки и техники,

является присущее ему с давних пор стремление улучшить свою жизнь и возможности во взаимо- действии с внешней средой. Характер такого взаимодействия весьма разнообразен и может быть не только трудным, но и физически непосильным. Поэтому с незапамятных времен люди мечтали изобрести различные инструменты, механизмы, машины с целью облегчения своего труда, повы- шения качества и производительности.

Вначале это были мечты, существовавшие в мифах, сказках, преданиях. Известен, напри- мер, древнегреческий миф о создании богом огня Гефестом двух рабынь из золота, прислужи- вающих ему, а также золотых треножников, выполнявших простейшие команды типа: принести, подать, унести. При раскопках гробниц фараонов археологи обнаруживали усыпальницы детей, где были найдены куклы с подвижными руками и ногами. Это первое свидетельство о стремлении людей сотворить искусственного человека.

По мере развития цивилизации мечты начали воплощаться в такие технические решения, как различные механизмы и машины, автоматы для открывания дверей храмов, автоматы для про- дажи «святой» воды и т.п. В 16 в. до н.э. римский император Витрувий сформулировал следую- щее определение машины: «машина есть взаимосвязанное соединение деревянных частей, обеспе- чивающее наибольшую выгоду при поднятии тяжестей. Она приводится в действие искусствен- но». Первые автоматы, использующие энергию воды и воздуха, были описаны Героном Александ- рийским в работе «Пневматика» около 120 лет до нашей эры. Он же написал первую книгу «Ме- ханические проблемы». В 1500 г. Леонардо де Винчи создал механического льва, который при въезде короля в город открывал герб Франции.

С течением времени механизмы совершенствовались, на основе различных механизмов де- лаются попытки создания не только человекоподобных автоматов, но и моделей животных и птиц. Известна, например, искусственная утка французского механика Жака Вокансона (1736 г.), кото- рая подобно живой могла прыгать, плескаться в воде, крякать, клевать и даже переваривать пищу при помощи скрытых внутри нее химических веществ. Известны автоматы швейцарского часов- щика Жаке-Дроза «Писец», умеющий писать, и «Флейтист», умеющий играть 11 мелодий. В 1827

г. В Санкт-Петербурге демонстрировался «Храм очарований или механический, физический и оп- тический кабинеты». Чудеса начинались с лестницы – искусственная женщина начинает играть на валторне, если кто-то заходит на площадку. У входа в зал кланялись механические слуги. Если кто-то садился на диван – слуга-автомат выносил поднос с напитками.

Создание механических автоматов потребовало от человека знания законов механики и по- зволило определить основные функциональные элементы самодействующей техники: движитель, механизм взаимодействия, рабочий инструмент, пусковое устройство. Появилось обоснованное представление о системе как совокупности элементов, которые находятся во взаимосвязи друг с другом, влияют друг на друга и на систему в целом.

Механизм любой машины состоит не из одного, а из нескольких тел, соединенных между собой так, чтобы движения рабочих органов машин было определенными. Каждые два звена (эле- ментарные составляющие) механизма, сочлененные друг с другом, образуют кинематическую па- ру. Пары различаются формой и количеством связей, наложенных на сочлененные ими звенья. В пространственном движении тело имеет шесть степеней свободы и, следовательно, для придания движению определенности нужно наложить на него пять связей. Такое количество связей могут наложить шарнир, ползун, винт-гайка. Три степени свободы разрешает и, следовательно, наклады- вает три связи, сферический шарнир.

Кинематической цепью называется последовательность связанных попарно звеньев. Меха- низм можно образовать не только из замкнутой кинематической цепи, но и из разомкнутой, при- мером является манипулятор и его прообраз – человеческая рука. С точки зрения механики рука представляет собой разомкнутую кинематическую цепь, состоящую из ряда звеньев (костей), свя- занных между собой кинематическими парами (суставами).

Существуют механизмы с несколькими ведущими звеньями, в общем случае число веду- щих звеньев может совпадать с числом степеней свободы механизма. Таким образом, механизмом называется такая кинематическая цепь, в которой при заданном движении одного или нескольких звеньев относительно любого из них все остальные совершают однозначно определяемые движе- ния.

Каждый механизм должен иметь возможность передавать и преобразовывать движение и работу так, чтобы на выходе они приобретали необходимые кинематические и динамические па- раметры. После того, как построена кинематическая цепь, необходимо определить скорость и ус- корение движения всех точек, которые могут интересовать конструктора, а также угловые скоро- сти и ускорения звеньев. Полученные величины позволяют определить передаточные отношения соответствующих механизмов. Противоположная задача - построение механизма по заданным ус- ловиям его работы – является принципиально иной: она многозначна. Для решения одной и той же кинематической задачи можно применить различные механизмы, которые могут содержать и раз- ные кинематические пары.

Во времена И.Ньютона и Л.Эйлера были открыты силы взаимодействия. Они являются причиной изменения скоростей движения тел, их формы, состояния, состава и пр. Исчезновение сил равнозначно исчезновению реальных объектов. Силы пропорциональны ускорениям. Работа, произведенная источником энергии, передается на ведущее звено, а затем и на ведомое, к которо- му приложена технологическая нагрузка. Кроме нагрузки есть еще силы вредного сопротивления, например, силы трения. Каждое звено и механизм должны удовлетворять условиям прочности. Упругость, а также некоторые характерные особенности кинематических пар, соединяющих зве- нья, вносят в движение еще одну неопределенность, которую нельзя недооценивать. Речь идет о механических колебаниях, которые возникают в процессе работы. Колебания могут снизить точ- ность исполнения операций, поэтому их необходимо гасить.

В XVII-XVIII веках механические автоматы создавались на основе часовых механизмов, в XIX веке на основе паровых двигателей, а с первой половины ХХ века на базе электромеханиче- ских и электронных устройств. Но самые совершенные орудия труда пришли на помощь человеку с открытием явления обратной связи и познанием его основных закономерностей. Первая конст- рукция автоматического регулятора появилась в 1510 году (регулятор подачи зерна на водяных мельницах), в 1760 г. И.П.Ползунов разработал регулятор уровня, в 1784 г. Джеймс Уатт получил патент на регулятор скорости оборотов. Таким образом, первые попытки введения обратной связи в механических системах были сделаны в XVI-XVIII веках.

Обратная связь – это воздействие результатов функционирования какой-либо системы (объекта) на характер этого функционирования. Подробно свойства обратной связи были изучены Христианом Гюйгенсом в 1657 году. Он исследовал обычные пружинные часы с маятником, вы- яснив, как зависит ход часов от длины, положения массы маятника.

Обратная связь позволила создать сервомеханизмы. Основная функция сервомеханизма за- ключается в создании переменного выходного сигнала той же переменной формы, какой обладает и переменный входной сигнал с тем условиям, что энергия, связанная с выходным сигналом, должна заимствоваться из местного источника, а не поставляться непосредственно входным сиг- налом. Таким образом, сервопривод является усилителем с обратной связью, в котором причина, приводящая систему в действие, зависит от разности выходного и входного сигнала.

Работа машин и механизмов с обратной связью поддается точному описанию и расчету.

Занимается этим особое направление науки – теория автоматического регулирования.

IX век, Багдад. Ученый звездочет Аль-Хорезми по приказу халифа пишет книгу, в которой учит как делить наследство. Чтобы было понятно, он ввел цифровое исчисление, которым мы пользуемся до сих пор. Но существуют и другие системы счисления, в которых основанием явля- ется не 10, а какое-либо другое число, например, 2 (двоичная система), 8 (восьмеричная), 16. Изо- бретение двоичной системы история приписывает китайскому императору Фо Ги, жившему 3400 лет до нашей эры.

Появление различных систем счисления привела к необходимости механизации счета. С этой целью были созданы китайские и отечественные счеты. Около 1300 г. каталонский философ Р.Лулль предложил схему логической машины, примерно в 1660 г. Шиккард (профессор Тюбин- генского университета) изобрел первую счетную машину. Затем Г.Лейбниц (1647-1716), один из основоположников современной математики, создал счетную машину, на которой можно было производить все четыре арифметических действия. Г.Лейбниц разработал основы математики не только непрерывных, но и дискретных процессов.

С целью более глубокого познания свойств окружающего мира изобретались приборы и устройства, расширяющие не только физические, но информационные возможности людей. В се- редине 40-х годов ХХ века появились первые успехи в создании и развитии устройств микроэлек- троники. А в середине ХХ века появился новый класс машин - электронные вычислительные ма- шины, усиливающие интеллектуальные возможности человека.

Основное правило, по которому производятся вычисления в ЭВМ, - это последователь- ность выполнения элементарных логических операций. Сложная задача, решаемая на ЭВМ, рас- членяется на отдельные простейшие логические операции, выполнение которых происходит в простых электронных устройствах – ячейках. Первые методы перевода математических действий на язык командных вычислительных машин были предложены Дж.Фон Нейманом. Это привело к созданию стандартных схем и цепей для построения машинных входов. В последующем менялась лишь элементная база.

Бурное развитие микроэлектроники позволило резко сократить стоимость и массово - габаритные характеристики электронных схем, способных выполнять сложные математические и логические операции, повысить их быстродействие и надежность работы в тяжелых условиях. К началу 60-х годов независимо друг от друга были созданы дешевые и быстродействующие мини- и микроЭВМ, весьма развитая телевизионная аппаратура и большое количество датчиков. В ре- зультате этого появилась возможность легко встраивать вычислительные устройства в самые раз- личные машины и приборы. К числу устройств микроэлектроники, работающих совместно с ме- ханическими системами машин, наиболее часто относят интегральные схемы, большие и сверх- большие интегральные схемы, а также другие микроминиатюрные приборы. Главную роль играют программируемые интегральные схемы, среди которых видное место занимают микроминиатюр- ные вычислительные устройства – микропроцессоры.

С древних времен человек погружен в мир информации. Слово «информация» происходит от латинского «informatio», что означает разъяснение, изложение. Когда-то это слово обозначало сведения, передаваемые устно, письмом, или каким либо другим способом (дым костров в Древ- ней Греции, сигнальные флаги на кораблях и т.п.). В 1928 г. Р.Хартли впервые ввел понятие ин- формации в науку. В наше время информацию передают телефон, радио, телевидение, книги, газе- ты и т.п.

Процесс передачи информации почти всегда связан с проблемой кодирования ее в месте передачи и декодирования в месте приема. Теоретическая ветвь развития машинного языка вы- растает из работ английского математика Дж.Буля (1815-1864), создавшего алгебру высказываний. С помощью булевой алгебры можно анализировать работу рефлекторных автоматов и осуществ- лять их системотехническое решение.

Бистабильные элементы связаны с применением принципа «да-нет» и развитием теории электрических контактных схем. Возможность синтеза структуры позволила творчески подойти к созданию автоматов. К абстрактному конечному автомату оказалось удобным применить и еще одну абстракцию в виде черного ящика, имеющего конечное число дискретных внутренних со- стояний, входов, выходов. Для логико-математического описания черного ящика была предложе- на совокупность правил, определяющих переход из одного состояния в другое, а также его выход в любой момент времени. Такая совокупность правил была названа алгоритмом, а дисциплина, изучающая их, - теорией алгоритмов.

Прямой аналог системы, которая реализовывала бы универсальный алгоритм, виделся в образе человеческого мозга. В 1943 г. У.Мак-Калон и У.Питс (массачусетский технологический институт) создали абстрактную модель нейрона, С.К.Клини (Висконсинский университет) доказал теорему о поведении нейронной сети. Рассматривая аналогию между нервной системой, вычисли- тельными машинами и системами автоматического регулирования, ученые развивали теорию ал- горитмов, которая затем стала одним из теоретических истоков вычислительной математики.

Для решения различных задач потребовалась разработка разнообразных языков програм- мирования. Многое ученые начали работать в этом направлении. Широко известны Д.Скотт, автор языка программирования ЛИСП, ставшего одним из главных инструментов искусственного ин- теллекта, А.Н.Колмогоров, предсказавший появления трансляторов (средств машинного перевода с одного языка на другой), А.А.Ляпунов, разработавший операторный метод программирования и другие. Программирование стало научной дисциплиной, изучающей способы реализации алго- ритма работы ЭВМ и его записи (на одном из языков программирования) в виде программ.

В 1920 году чешский писатель Карел Чапек пишет пьесу под названием «Россумские уни- версальные роботы». На Всемирной выставке в 1933 г., открывшейся в Чикаго с целью показать достижения техники за последние 100 лет, был представлен робот, который продевал нитку в иголку. В отделе «медицина» макет мужчины читал лекцию о процессе пищеварения. Во время лекции он расстегивал жилет и показывал часть грудной клетки и живота.

В 1958 г. американская фирма «Пленит корпорейшен оф лансинд» изготовила одну из пер- вых моделей механической руки, названной планоботом. Назначение – загрузка, разгрузка стан- ков. Рука имела 45 программируемых положений кисти и запястья. В 1961 г. фирма «Дженерал электрик» изготовила хардимена (стойкого человека), который мог поднимать и переносить груз до 453,6 кг. В 1962 г. американские фирмы «Юнимейшен инкорпорейтед» и «АМФ Версатран» создали первые промышленные роботы. Наряду с этим появились первые дистанционно управ-

ляемые руки – телехирики. В 1970-75 гг. появились мобильные автооператоры с элементами ис- кусственного интеллекта, управляемые от ЭВМ.

Появление в 70-х годах микропроцессорных систем управления позволило снизить стои- мость роботов в три раза, сделав рентабельным их массовое внедрение в промышленность. Этому способствовали также следующие объективные предпосылки развития производства:

* рост затрат на рабочую силу;
* насыщение рынка товаров и обострение конкурентной борьбы;
* дефицит рабочих на опасных, тяжелых и монотонных работах;
* неполная загрузка оборудования;
* снижение рождаемости в развитых странах и повышение образовательного уровня;
* необходимость повышения качества продукции, экономии материалов и энергии.

Со времени появления первого промышленного робота прошло три бума роботизации. Первый начался в 1968 г. с применением микропроцессоров для управления роботами и быстро закончился из-за ненадежности и несовершенства роботов первого поколения. Второй бум связан с появлением адаптивных роботов в 1972 г., когда возможности робототехники начали расширять- ся. Появление в 1980 г. роботов с элементами искусственного интеллекта стало началом третьего бума промышленной робототехники.

Эффективность от применения ПР достигается только при комплексном подходе к созда- нию и внедрению ПР. Единичное внедрение промышленных роботов – нецелесообразно. Только расширенное применение ПР будет оправдано как технологически, так и экономически и социаль- но. Применение ПР позволяет переходить к многостаночному обслуживанию, а следовательно и к экономии рабочей силы и к работе оборудования в две и три смены. Изменяется также и роль ра- бочего – он становится более квалифицированным специалистом – наладчиком, оператором.

Применение ПР позволяет решать не только экономические, технические, но и социальные во- просы, особенно в случае необходимости замены рабочего на участках с вредными условиями труда. Применение роботов позволяет значительно улучшить качество выпускаемой продукции. Качество машины оценивается совокупностью специально подобранных показателей (или крите- риев), выбор которых определяется ее служебным (функциональным) назначением. Машины но- вого поколения должны отвечать таким общим критериям, как отношение цена/качество, высокая надежность и безопасность функционирования, гибкость и быстрая реконфигурация при переходе на новое изделие.

К числу современных требований к функциональным и техническим показателям модулей и машин в первую очередь следует отнести:

* выполнение качественно новых служебных и функциональных задач,
* сверхвысокие скорости движения конечного звена машины – ее рабочего органа, что определяет новый уровень производительности технологических комплексов,
* компактность модулей и движущихся систем, миниатюризация конструкций,
* ультрапрецизионные движения модулей с целью реализации новых прецизионных технологий вплоть до микро- и нанотехнологий,
* новые кинематические структуры и конструктивные компоновки многокоординатных машин,
* интеллектуальное поведение систем, функционирующих в изменяющихся и неопределенных внешних средах,
* выполнение пространственных движений по криволинейным траекториям и реализация сложных законов перемещения во времени

По мере развития робототехники появились гибкие производственные систем, обеспечи- вающие полную автоматизацию технологического цикла. Теоретическую основу робототехники составляют два направления: синтез управляемых механических устройств и управление механи- ческими устройствами с помощью электроники.

В последние годы в робототехнике происходят качественные изменения, основанные на ис- пользовании достижений новой науки – мехатроники. Мехатроника – это область науки и техни- ки, основанная на синергетическом объединении узлов точной механики с электронными, элек- тротехническими и компьютерными компонентами, обеспечивающая проектирование и производ- ство качественно новых модулей, систем и машин с интеллектуальным управлением их функцио- нальными движениями.

задач.

Контрольные вопросы:

1. Какую область науки и техники занимает робототехника?
2. Из чего состоит механизм?
3. Что называется кинематической цепью?
4. Что такое сервомеханизм?
5. Каковы основные определения робототехники?
6. Каковы причины повышения рентабельности применения роботов?
7. Сколько поколений роботов Вы знаете?
8. Чем отличаются между собой поколения роботов?
9. Каковы этапы развития робототехники?
10. Что представляет собой наука мехатроника?
11. Какими характеристиками отличаются интеллектуальные роботы?
12. Чем отличаются роботы второго поколения?
13. Что понимается под гибкостью роботов?